JAXA's
008 [ジャクサス]
宇宙航空研究開発機構機関誌
きぼう
JAXA
TAKAO DOI

008 宇宙航空研究開発機構機関誌

contents

表紙 土井隆雄 JAXA宇宙飛行士
Photo:Kaku Kurita

INTRODUCTION

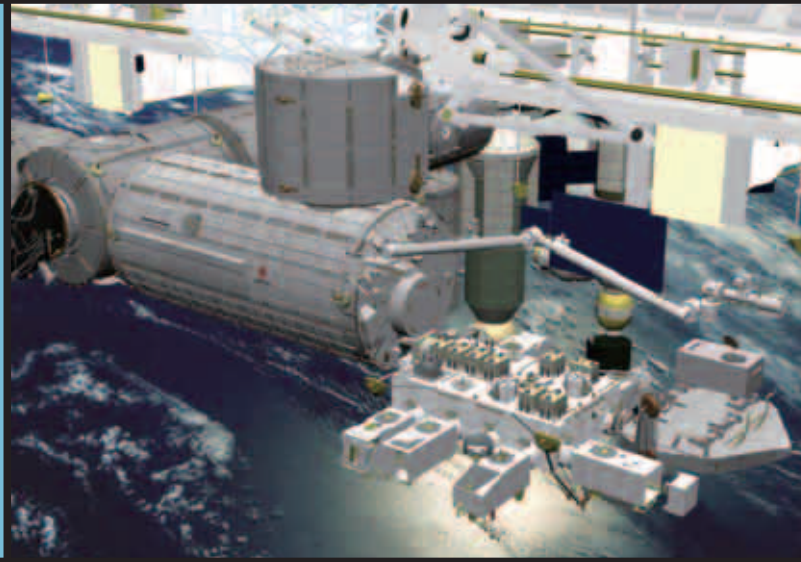
桜前線もついに北の地で消え去り、南から台風の便りがやってくる季節になりました。野口聡一さんにつづく日本人飛行士に土井隆雄さんが指名されたという嬉しいニュースが舞い込んできました。この機会をとらえて、土井さんの決意とともに国際宇宙ステーションと宇宙輸送の未来と有人化の問題をとり上げました。

災害、地球監視、携帯電話など幅広い利用を展望するETS-Ⅷの大型アンテナの展開実験の画像の迫力はグラビアでお楽しみください。今後の私たちの生活に重要な関係をもつだろう技術です。

あわせて極めて高いハードルを越えて通信実験の成功に至った「きらり」の苦労話も聞いてきました。たとえて言えば、「1km先の5円玉を射抜く」ほどの難題がいかに達成されたか？　現場の苦労をじっくりと味わっていただきたいですね。

土井宇宙飛行士 再び宇宙へ!

国際宇宙ステーション
「きぼう」日本実験棟の
打ち上げ時に
スペースシャトル搭乗が決定

国際宇宙ステーション(ISS)の「きぼう」日本実験棟が、いよいよ来年末から順次、3便に分けて打ち上げられる見通しになってきましたが、その第1便目(船内保管室)の打ち上げのスペースシャトルに、土井隆雄宇宙飛行士が搭乗することが、5月5日(米国時間)にワシントンD.C.で行われた小坂文部科学大臣と米国航空宇宙局(NASA)グリフィン長官との会談で決定しました。また、同時に、同ミッションを支援する「クルーサポートアストロノート」(搭乗者支援宇宙飛行士)には、山崎直子宇宙飛行士が決定しました。
土井宇宙飛行士は、このフライトで約2週間程度スペースシャトルに搭乗し、「きぼう」船内保管室のISSへの組み立て作業等を行います。
土井宇宙飛行士は、1997年11月、スペースシャトル「コロンビア号」によるSTS-87ミッションに搭乗して以来今回は2回目のスペースシャトル搭乗になります。

土井隆雄 Takao Doi
JAXA宇宙飛行士

1954年東京生まれ
1978年東京大学工学部航空学科卒業
1983年同大学大学院博士課程修了(宇宙工学)
1985年文部省(現文部科学省)宇宙科学研究所研究生修了
　　8月　第1次材料実験「ふわっと'92」のPS候補者に選定
1990年4月　「ふわっと'92」のバックアップPSに任命
1992年9月　「ふわっと'92」のバックアップPSとして地上支援を行う
1995年3月　MS候補者訓練開始
1996年5月　MSに認定　11月　STS-87のMSに任命
1997年11月19日〜12月5日　スペースシャトル「コロンビア号」によるSTS-87ミッションに搭乗し、国際宇宙ステーション建設に必要な宇宙クレーンの機能・性能及び操作性の確認を行い、さらに当初予定されていなかったスパルタン衛星(太陽コロナ)の回収作業など、日本人宇宙飛行士として初めて船外活動を行った。

5月6日、ISS日本実験棟「きぼう」の打ち上げ時にスペースシャトルに搭乗が決定したことを受けて、土井宇宙飛行士及び山崎宇宙飛行士の記者会見が、JAXAの東京事務所と米国ヒューストンをテレビ会議で中継して行われました。

土井宇宙飛行士及び山崎宇宙飛行士のコメントは、次のとおりです。

「きぼう」の組み立てに全力を尽くす

土井 日本実験棟「きぼう」の組み立てミッションへの参加が決定し、本当に光栄に思います。今まで応援していただいた多くの皆さんにまず心から感謝したいと思います。本当にありがとうございました。日本で宇宙ステーション計画が始まったのは1985年です。それは、ちょうど私が宇宙開発事業団に入って、有人宇宙活動を始めたときでした。いわば、「きぼう」は私の同期生であるといっていいと思います。その同期生が今はじめて宇宙に飛び出そうとしています。私も今から胸がわくわくしています。

私たちのミッションは「きぼう」の船内保管室を宇宙ステーションに取りつけることです。「きぼう」が完成するまで3回のスペースシャトルの飛行が必要になります。私たちの飛行はその一番目のものにあたります。「きぼう」が完成すると、そこで私たちはいろいろなことをすることができます。たとえば、宇宙の科学実験、文化芸術活動、宇宙授業、また宇宙学校など何でもこいといった感じで、いろいろなことをすることができます。ぜひ、多くの皆さんにこの「きぼう」の活動に参加してほしいと思います。この「きぼう」の打ち上げによって宇宙が日本の皆様にとってより近いものになるとお約束します。山崎さんとともに、「きぼう」の組み立てが成功するように全力を尽くすつもりです。どうぞ、皆さんよろしくお願いいたします。

――決まったときの率直なご感想をお聞かせ下さい。

土井 10年待った甲斐があったなと思いました。2007年がちょうど私が飛んで10年目にあたります。待っていてよかったと思いました。

――51歳という年齢をどうとらえていらっしゃいますか。

土井 私自身は、年齢・性別は、宇宙で仕事をする上であまり関係ないと思っています。ジョン・グレン宇宙飛行士は77歳で飛んでいますし、NASAの宇宙飛行士も60歳代でも現役で仕事をしています。毛利宇宙飛行士も50歳代で飛んでいます。そういうことを考えれば、意志と希望があって訓練をしつづけている限り、いつでも宇宙で仕事ができると思っています。

――今回2回目の飛行ということですね。

土井 1回目は10年前ですので、今回はまた新しい経験を積むという、はじめてのような気持ちになると思います。それでも、以前と比較して、宇宙空間で自分の身体がどう慣れていくのか、また、地球が宇宙空間から見てどのように見えるかとか、そういう意味で前回とどう違って見えるかということに興味があります。

――今回選ばれた理由は何だと思われますか。また実際には何をするのか決まっていますか。

土井 やはり一番大きな理由として、私が日本人宇宙飛行士であることだと思います。日本のミッションであり、日本が長年開発してきた「きぼう」をもっていくということから、日本人が行くべきだと考えたというのが一番大きいかなと思います。また、私自身が10年ほど前のミッションのあとから、「きぼう」の開発に実際に参加して、試験とか手順書の開発をいろいろやってきました。そのことも評価されたのではないかと思います。実際のミッションに関しては、現在の段階では大きな目的だけが決まっています。その1つが、「きぼう」の船内保管室を宇宙ステーションにもっていくことです。もう1つは、カナダが開発した小型のロボットアームがあります。それを宇宙ステーションにもっていくことも目的になっています。

宇宙ステーションを成功させることが月・火星につながる

――今後のシャトル飛行計画への現時点での思い、不安などお聞かせください。

土井 私自身、スペースシャトルは基本的に非常にすぐれた有人宇宙船だと思っています。そうでなければ100回以上成功するわけはありません。ところが、人間がいどむ限界のところを飛行するということで、コロンビアの事故のようなことが生じたわけです。この限界で分からない部分をどうするかというところを、今NASAが必死になって、ほとんどすべてのセンターを動員して解決法をさぐっているわけです。野口宇宙飛行士の飛行も大成功に終わっています。少しずつ安全性が高まってきていることを、私の方から申し上げたいと思います。

――スペースシャトルの後の宇宙計画に対して、日本への期待はどのようなものだと思われますか。

土井 NASAは国際宇宙ステーションの次の月・火星計画に、日本をはじめ世界各国が参加してくれることを願っていると思います。やはりアメリカ一国ではなかなかできないし、ステーション計画自体大きな計画ですから、日本への期待は大きいものがあると思います。日本に関しては、まだ有人宇宙船を持っておらず、今回がはじめてです。やはり日本のものが宇宙空間に行って、そこに人が滞在し、恒久施設として存在する。これはやはり大変大きな意義があると思います。またこの「きぼう」を宇宙空間で運用することによって、新しい技術を日本は手に入れることができるわけです。ですから、日本としてはこの宇宙ステーションをまずきちんとやることが、次に先に進むための貴重な一歩であって、ここで失敗してしまうと日本の宇宙開発は先に進まないと私は思います。宇宙ステーションを成功させることができれば、その次にアメリカや世界と一緒に月・火星への計画への道が開かれていくだろうと思います。

テレビ会議による記者会見の模様

山崎直子 Naoko Yamazaki
JAXA宇宙飛行士

1970年千葉県松戸市生まれ
1993年東京大学工学部航空学科卒業
1996年同大学航空宇宙工学専攻修士課程修了
4月 宇宙開発事業団（現宇宙航空研究開発機構）入社
4月～JEMプロジェクトチーム
1998年6月～セントリフュージプロジェクトチーム
1999年2月 宇宙飛行士候補者に選定
2004年5月 ソユーズ宇宙船フライトエンジニア資格取得
6月 MS候補者訓練開始
2006年2月 MSに認定

1997年の土井宇宙飛行士のフライト。
土井宇宙飛行士は船外活動も行った。

地上からリアルタイムで支援を行う

――今回の決定についての感想をお聞かせ下さい。

山崎 「きぼう」打ち上げのミッションのサポート・クルーに選ばれ、参加できることは家族ともどもたいへん光栄に思っています。「きぼう」打ち上げに向けて精一杯サポートしていきたいと思っています。これからの生活は、自己の訓練に加え、このミッションの成功に向けての支援、技術支援などがあります。

今年の2月にNASAでのミッションスペシャリストの資格を取得しましたけれども、今までの経験、訓練の経験、「きぼう」の開発支援の経験、すべてを生かして土井宇宙飛行士をサポートし、この「きぼう」のミッションを成功に導けるよう全力で頑張りたいと思います。他の日本の宇宙飛行士の皆さんからも激励の言葉をもらいました。NASA、日本、宇宙ステーションに関わるパートナー、そして国民の皆さん。皆さんとともにチーム一丸となって、このミッションを成功にもっていきたいと思います。これまでご支援くださった皆さんに感謝を申し上げるとともに、これからもご支援をよろしくお願いいたします。

――クルーサポートアストロノートとは何をするのですか。

山崎 主な任務としては、土井宇宙飛行士が参加する訓練にできるだけ参加し、ミッションを理解すること、訓練の間に起きるさまざまな技術的問題について、クルー同士だけではなく、地上からサポートする地上管制官、そしてNASAと日本の開発者、すべての人達と技術調整をしつつ解決をはかることです。そして、ミッション中には、地上からリアルタイムで支援を行うことになります。ミッションを成功に導くための非常に重要な任務だと思っています。

「きぼう」日本実験棟について

目的：国際宇宙ステーションにドッキング予定の日本初の有人実験施設で、２つの実験スペースでさまざまな実験や研究、技術開発を行う。

船内保管室 船内実験装置／材料／消耗品などの軌道上貯蔵に用いる。

ロボットアーム

船外実験プラットフォーム 実験装置を直接宇宙空間にさらして、地上では得難い無重量、高真空等の環境を生かした実験等を行うことができる。

船外パレット 船外実験装置／材料／消耗品等の地上－「きぼう」間輸送に用いる。

船内実験室 １気圧の環境下で搭乗員が宇宙服を着用することなく、微小重力環境を利用した各種実験を行うことができる実験室。

「きぼう」の打ち上げ順序

1便目 船内保管室
2007年末打ち上げの見通し（スペースシャトルのISSへの飛行のうち8番目）

2便目 船内実験室／ロボットアーム
2008年初め打ち上げの見通し（スペースシャトルのISSへの飛行のうち9番目）

3便目 船外実験プラットフォーム／船外パレット
2008年末打ち上げの見通し（スペースシャトルのISSへの飛行のうち12番目）

国際宇宙ステーション

「きぼう」日本実験棟の役割

国際宇宙ステーション
プログラムマネージャ
白木邦明 ×
科学ジャーナリスト・
「JAXA's」編集委員
寺門和夫 対談

土井宇宙飛行士が組み立て作業等を行う
「国際宇宙ステーション」とはどんなものか、
「きぼう」日本実験棟で期待される実験の成果などについて、
白木邦明プログラムマネージャに
話を聞きました。

「きぼう」は予定どおり打ち上げられる

寺門 土井隆雄宇宙飛行士の「きぼう」組み立てフライトへの搭乗が決まりました。私たちとしては、とてもうれしいニュースです。『JAXA's』の読者のために、まず国際宇宙ステーション計画について簡単にご説明いただきたいと思います。

白木 国際宇宙ステーション計画は、1985年から始まっています。国際協力プロジェクトとしてアメリカ、ヨーロッパ諸国、カナダ、ロシア及び日本の15か国が参加している世界規模の大プロジェクトです。

日本は85年当時、H—IIロケットの開発が始まった頃でした。有人宇宙開発として宇宙ステーション計画にどういう要素で参加するかという事が議論され、そこで決まったのが現在「きぼう」と呼んでいる、日本の実験棟JEMでした。JEMは人が生活できる空間で微小重力環境を利用したいろいろな科学実験ができる施設です。それに加えて、宇宙空間にさらされた条件で実験を行うための「船外実験プラットフォーム」もあります。さらに、ロボットアームとかエアロックなど先端的な技術要素を持っており、非常にコンパクトな中にいろんなものを詰め込んだシステムです。

寺門 現在の国際宇宙ステーションはどういう状況なのでしょうか。

白木 現在は、太陽電池板1枚が天頂方向についており、トラスと呼んでいる太陽電池を取り付ける構造物は約3分の1が組み上がっています。人間が滞在する居住棟は、ロシアが打ち上げたサービスモジュールで、シャトルが飛んでいる時にはここで最大3名まで滞在できます。それに加えて、物質、燃料等を保管するためのFGB、モジュール間をつなぐ「ノード1」、アメリカの実験棟があります。カナダが開発したステーションの組み立て作業をするためのロボットアームもついています。

寺門 今は、ステーションには何人が常駐しているのですか。

白木 2名ですね。アメリカ人とロシア人が、6か月交代で常駐しております。

寺門 今回、組み立て再開にあたってステーションの形が少し変わりました。その辺について、ご説明頂きたいと思います。

白木 SPMと呼んでいるロシアの発電施設があったのですが、それが打ち上げられないことになりました。日本が開発していた生命科学実験施設「セントリフュージ」も、シャトルの打ち上げ数が限られるということで、打ち上げないことになりました。

寺門 「きぼう」自体は全く予定どおりということですか。

白木 はい。

「きぼう」に期待されるさまざまな成果

寺門 「きぼう」そのものを、もう少し具体的にご説明いただきたいと思います。

白木 「きぼう」にはまず、中が1気圧の空気で満たされていて、そこで宇宙飛行士がいろいろな実験活動ができる「船内実験室」があります。この中に最大10個の実験ラックが搭載できるようになっていて、そこで微小重力環境を利用した生命科学、材料、タンパク質の結晶成長、バイオテクノロジーなどの実験を行うことができます。その天頂方向には船内実験装置や試料、消耗品などの軌道上貯蔵に用いる「船内保管室」がついています。「船内実験室」の先端には、宇宙空間に曝された条件下でいろいろな観測をするための施設「船外実験プラットフォーム」があります。ここには全天X線監視、超伝導サブミリ波リム放射サウンダ、宇宙環境計測といった実験装置が取り付けられます。

寺門 「きぼう」で行われる実験のテーマは決まっているのでしょうか。

白木 当初は16テーマを「きぼう」船内で実験します。また、前にお話しました3個の船外実験装置を搭載することになっています。

寺門 宇宙空間で行った実験では、どのような成果が期待できるものなのでしょうか。

白木 微小重力といわれる環境下では対流がないので、特に結晶成長に関わる研究には非常に有効だということで、たとえば材料とかタンパク質だとか、そういったものの単結晶をつくり、それを産業に応用していくことが考えられています。

寺門 純粋の科学実験以外には、どんなことが考えられているんでしょうか。

白木 宇宙ステーションというのは、地球上の軌道400kmの高さを飛んで、約90分で地球を一周します。いろいろな国の人がそこに行くことで、地球環境保持の重要性とかを実感できるのではないかという意味での地球観測といったことも期待されております。あるいは天体観測もあります。さらに最近はハイビジョンのテレビカメラを持ち込むことで、新たな利用が開けるかなと思っております。

寺門 スペースシャトルの次のフライトは7月に予定されていると聞いております。今後シャトルはどんなスケジュールで打ち上げられて、ステーションを建設することになるでしょうか。

白木 今年7月に予定しているのは、補給と検証フライトと言いますか、去年7月の野口宇宙飛行士のフライトに続いて、コロンビア事故以降のシャトルに対して実施された対策を検証するフライトです。その次は8月と12月で、今年は3回ぐらい。07年に入ると年間最大5回くらいのフライトで組み立てる計画で進められております。

日本人宇宙飛行士も次々と参加予定

寺門 「きぼう」は、いつ打ち上げることになるのでしょうか。

白木 今の予定では、まず07年末に「船内保管室」を打ち上げます。このフライトに土井飛行士が搭乗することになるわけです。その次は08年はじめに「船内実験室」が、08年末に「船外実験プラットフォーム」を打ち上げることが計画されています。

寺門 最終的には、宇宙ステーションはいつ完成する予定でしょうか。

白木 一昨年にアメリカのブッシュ大統領が発表した宇宙に対する新しいビジョンでは、ステーションは10年までに完成させるとしています。NASAもその約束を守るべく、なんとかそれに向けて作業を進めているという状況です。

寺門 シャトルの飛行回数でいうと何回ぐらいになるんでしょうか。

白木 NASAとしても10年のシャトルの退役を考えて、かつステーションを完全に完成させるために何回のフライトが必要かということを見直しまして、今年3月の宇宙機関長会議で、16回のシャトルフライトで組み立てを完成させると発表しました。ただし2回の予備フライトも確保されています。

寺門 組み立てが再開されると、今の2人常駐態勢は今後どうなっていきますか。

白木 今年の7月にシャトルが飛んで3人体制になります。そして09年はじめには6人体制にしようということになっています。6人といっても3人はロシア人です。残りの3人はアメリカ人、ヨーロッパ人、日本人などということです。

寺門 土井飛行士につづいて、日本人宇宙飛行士が組み立てフライトに搭乗したり、ステーションに長期滞在する可能性はありますか。

白木 あります。今NASAと詳細な調整をしているところです。

寺門 日本人宇宙飛行士がどんどん参加してほしいですね。ところで、「きぼう」は完成後、どのように運用されるのでしょうか。

白木 筑波宇宙センターに運用管制を行うための施設があります。そこから「きぼう」の健康状態をモニターしたり、軌道上で行う実験に対する指令などを行います。

寺門 シャトル退役後の物資輸送を、日本もHTVという輸送機で行うことになっていますね。

白木 HTVというのは、日本のH—IIBロケットで種子島から打ち上げる無人貨物船です。実験装置や生活用品など約6トンの貨物を宇宙ステーションまで運ぶことができます。

寺門 いつ頃から飛ぶことになりますか。

白木 今の予定では09年に技術実証機を打ち上げるということで、開発を進めております。

寺門 最後に、土井飛行士のフライトについての期待をお話し頂ければと思います。

白木 先ほど申し上げましたように、日本の実験棟「きぼう」は3つの要素を3回のシャトルで打ち上げ組み立てられます。そのトップバッターとして、われわれが今まで開発してきたものが、きちんと宇宙で組み立てられ、機能するかということを確認するのは非常に大事なイベントだと思っています。そこに日本人が関わることで、われわれとしては次に続くものが、より確実になってくるということを期待しております。

寺門 ありがとうございました。

土井宇宙飛行士再び宇宙へ!

宇宙輸送の未来と有人化を考える

JAXAが打ち出した長期ビジョンには、
「自在な宇宙活動能力の確立」への展望が描かれています。
この中の「有人の輸送技術の獲得」について、
遠い夢物語でなく、より近い将来での実現が考えられることは何か。
宇宙輸送システムの現状を把握し、
ビジョン達成のための研究開発を行う
将来宇宙輸送系研究センターの中安英彦センター長が、
冷静な視点で語ります。

INTERVIEW

将来宇宙輸送系研究センター長
中安英彦

シャトルリタイア後の物資の輸送

現在われわれは将来の宇宙輸送技術をいろいろ検討しています。JAXAが昨年発表した長期ビジョンでは、今後20年間の活動が描かれていますが、10年先、20年先までいろいろ勉強し、どうするかをきめていかなくてはなりません。

今、現実を見ると、スペースシャトルが2010年でリタイアすることになっています。シャトルがなくなった後も、国際宇宙ステーションは運用することになりますが、物資の輸送くらいなら、日本でもできます。今つくっているHTV(H-II Transfer Vehicle)では6トンまでを運ぶことができます。しかし、残念ながら、持ち帰る機能はありません。シャトルがなくなるとソユーズ宇宙船で持ち帰るしかありませんが、これでは数十キログラムしかもって帰れません。ロシアはサリュート、ミールと長い間、宇宙ステーションを運用してきたのですが、物資の回収というのはやってこなかったのです。

HTVモジュールを活用したカプセル方式

人間は、打ち上げた以上、絶対回収しなければなりませんが、物資の回収がどこまで必須なのかという問題はあります。しかし、ニーズは出てくると思います。宇宙にあるものを地上に戻し、修理して使えば、使い捨てというものを減らせるという価値がでてくるのではないかと思います。

その方法は、まずカプセル方式だと思います。スケジュールや開発費を抑えるのであれば、なるべくHTVのモジュールを使うのがいいと思います。HTVは4つの部分からなっています。一番下が推進モジュール、その上が電気モジュールです。これだけで飛びますので、カプセルに貨物を積んで、HTVの推進モジュールと電気モジュールを組み合わせるのです。この方法だと開発費用は安くてすみます。そうはいっても、2つのシステムを運用することになりますから、運用費用を考えると1つに統一したもののほうが運用費は下がります。しかし、これには開発の期間もお金もかかります。

将来は有人化や回収型のカプセルの開発も

こうしたカプセル方式の輸送系ができた後、カプセルを有人化するという可能性がでてきます。有人化するときにはカプセルだけでなく打ち上げるロケットも有人化しますし、できればロケットの再使用もしたいですね。

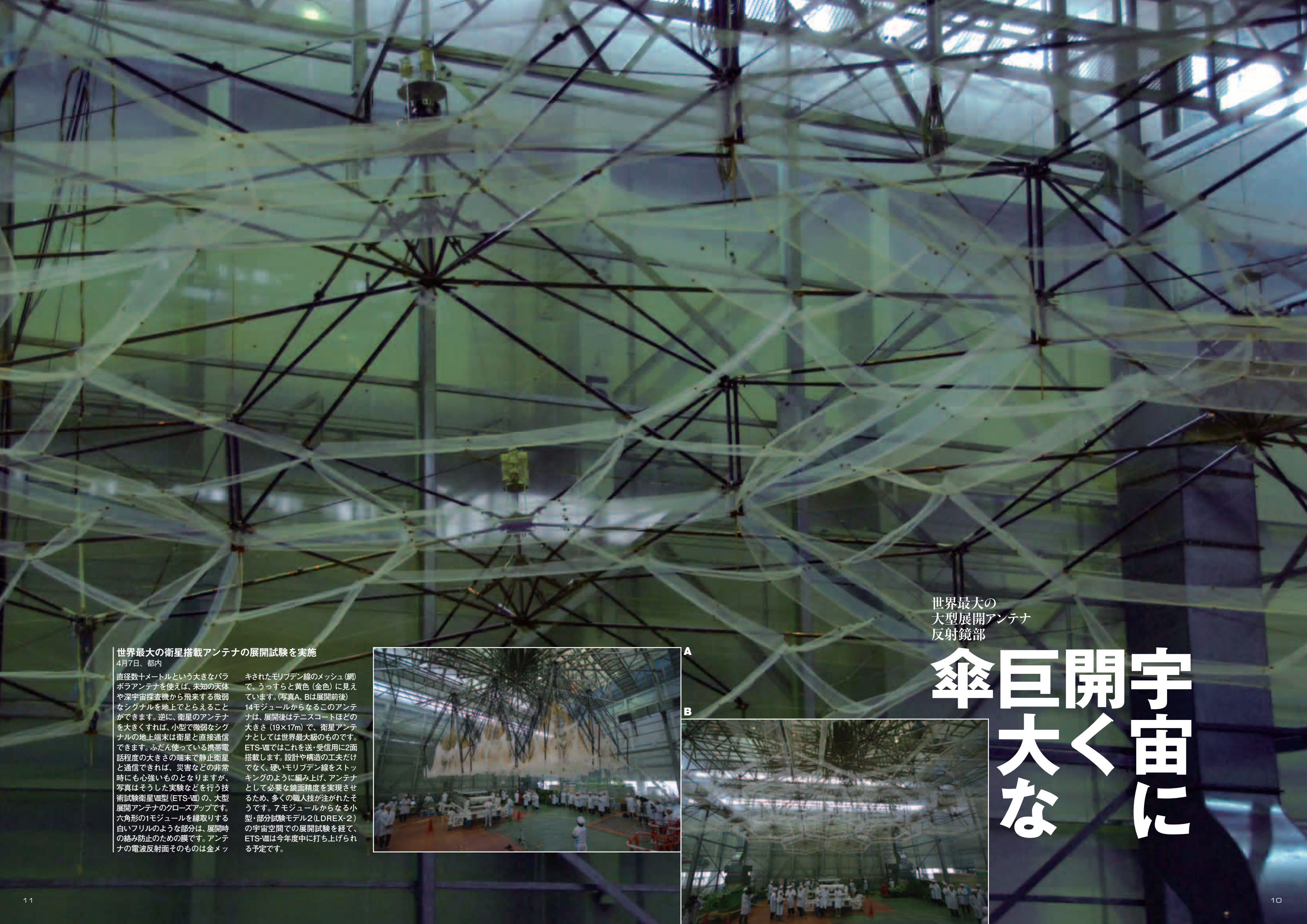
カプセルからの発展のもう1つの選択肢は翼つきのカプセルですね。

これは非常に議論があるところかもしれませんが、これからの宇宙輸送を考えると、最終的には使い切り型をやめなければいけないと思います。今のまま、使いきりでやるという方式も、今のところは新しいコンセプトが確立されていないので、続けなくてはなりません。しかし、長期的スパンでは使いきりを避けることが重要だと思います。HOPEというのも、そういう目的で始めたわけです。HOPEの継続という点では少し遠のいた感じはあるのですが、可能ならHOPEでつちかった技術を検証したいと思います。

今考えているのは、ゆっくり進むということです。物資の回収からはじめて、有人あるいは機体の回収に進むといったふうに。うまくいけば、ロケットも回収して何度も使う。そういうことが大切なのではないでしょうか。その先に、長期ビジョンで打ち出しているようなことが考えられると思います。

国際宇宙ステーション(完成予想図)

回収可能なカプセル方式(想像図)

HTV飛行シーン(想像図)

世界最大の
大型展開アンテナ
反射鏡部

宇宙に開く巨大な傘

A

B

世界最大の衛星搭載アンテナの展開試験を実施

4月7日、都内

直径数十メートルという大きなパラボラアンテナを使えば、未知の天体や深宇宙探査機から飛来する微弱なシグナルを地上でとらえることができます。逆に、衛星のアンテナを大きくすれば、小型で微弱なシグナルの地上端末は衛星と直接通信できます。ふだん使っている携帯電話程度の大きさの端末で静止衛星と通信できれば、災害などの非常時にも心強いものとなりますが、写真はそうした実験などを行う技術試験衛星Ⅷ型（ETS-Ⅷ）の、大型展開アンテナのクローズアップです。六角形の1モジュールを縁取りする白いフリルのような部分は、展開時の絡み防止のための膜です。アンテナの電波反射面そのものは金メッキされたモリブデン線のメッシュ（網）で、うっすらと黄色（金色）に見えています。（写真A、Bは展開前後）14モジュールからなるこのアンテナは、展開後はテニスコートほどの大きさ（19×17m）で、衛星アンテナとしては世界最大級のものです。ETS-Ⅷではこれを送・受信用に2面搭載します。設計や構造の工夫だけでなく、硬いモリブデン線をストッキングのように編み上げ、アンテナとして必要な鏡面精度を実現させるため、多くの職人技が注がれたそうです。７モジュールからなる小型・部分試験モデル２（LDREX-２）の宇宙空間での展開試験を経て、ETS-Ⅷは今年度中に打ち上げられる予定です。

光衛星間通信をミッションとする「きらり」が、地上との通信にも成功

豊嶋さんと望遠鏡

光地上局の光学望遠鏡は口径1.5mと国内最大級。「すばる望遠鏡（有効口径8.2m）」の主鏡研磨も行った米コントラベス社製。ハイスピードで精密な首振りが特徴。豊嶋さん自身、LUCE開発時にはNASDA（宇宙開発事業団）に出向していたという、機器開発の当事者の一人。「宇宙からの通信光を直接光ファイバーに導入したり、量子通信のための宇宙ネットワーク構築などもテーマにしたいと思っています」と夢が広がる。

独立行政法人情報通信研究機構　新世代ワイヤレス研究センター
宇宙通信ネットワークグループ　主任研究員
豊嶋守生

地上局と通信する「きらり」の想像図

エクストラを超えるサクセス!

1000km先の5mの的を、一発で

今年3月21日（春分の日）の深夜、東京・小金井市にある国内最大級の光学望遠鏡が、まもなく視野に入ってくるはずの衛星「きらり」に狙いを定めていた。

24時37分。事前に計算された仰角と方位角に向けて望遠鏡からビーコン光が照射された。木々の梢と夜空を映し出していたモニター画面上では、下部から中央にかけビーコン光のまっすぐな筋が描かれた。その光が樹木の枝に触れ、反射光が輝点としてモニターに表示されて一瞬の後、その輝点の上部に、さらに大きな輝点が突如現れた。

この輝点こそ、衛星「きらり」が、地上からの呼びかけを受け打ち返したレーザー光だった。「きらり」は約1000kmの距離を隔てた宇宙空間を秒速7・9kmで飛翔しながらレーザー光を照射し、地上の目標に命中させたのだ。

「宇宙空間から地上を狙って、だいたい5mの的に当てないと通信は成立しません。当初4夜予定されていたこの実験がうまくいくかどうか、私は五分五分と思っていました。うまくいかなかった場合、どこがまずいのか突き止めるだけですぐそのくらいは費やしてしまいます」と語るのは、JAXAと共同でこの実験を実施した、情報通信研究機構（NICT）の豊嶋守生さんである。しかし予想に反して、「きらり」は見事1夜目にしてレーザー光を地上局に当てた。

「びっくりしました。約1000kmの5mですから、1000分の1スケールだと、1km先の五円玉の穴を通している、ということになりますね」（豊嶋さん）

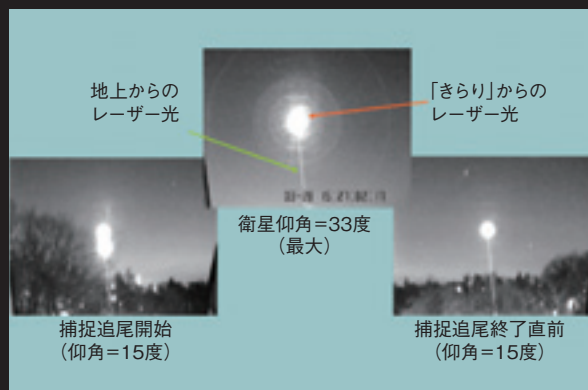
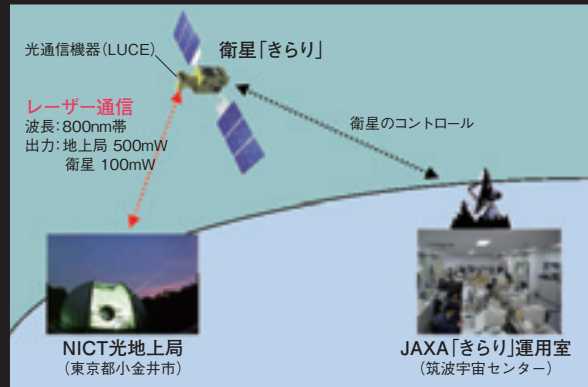
「きらり」の凄まじい性能が、ここであらためて証明されたのである。

「アクロバティック」で「超エクストラ」な実験テーマ

先立つこと4か月。2005年12月に「きらり」は、本来のミッションである〝衛星間〟光通信実験を成功させている。欧州宇宙機

地上との通信の想像図

双方向通信を成り立たせるためには、単に来た方向に光を返すのではなく、レーザー光が相手に到達するまでの相対位置の変位を勘案し、ちょうど走り込んでくる相手にパスを渡すときのように、少し「先」を狙う必要がある。これを「光行差補正」という。

「今回の実験では、その補正をしないと50mほど狙いがずれてしまうことになり、通信が成り立ちません。世界初の成功で日本の技術とデバイスを使えばそれが可能であることを世界にアピールすることができました」（豊嶋さん）

NICT地上局の赤外線カメラで撮影された、衛星捕捉の瞬間（中央）

光衛星間通信をミッションとする「きらり」が、地上との通信にも成功

関の「アルテミス」を相手に、宇宙空間で最大約4万kmの距離を隔て、「東京から富士山頂の針穴を狙う」（プレスリリースでの表現より）トライアルを成功裏に終えたのである。

ミッション達成度を示す物差し「サクセスクライテリア」において、この実験を含む一連の実験成功は「フルサクセスの達成」と位置づけられており、これでプロジェクト関係者は「（公費が投じられた技術試験衛星として）責任は果たした」と胸を張って言えるようになった。

さらに、プロジェクトチームは、アルテミスとの継続的な光通信実験を通じ「エクストラサクセスの達成」をめざす。

しかし、NICTの地上局との光通信実験は、そうしたサクセスクライテリアの中に含まれていない「アクロバティックな実験」（関係者）である。宇宙開発委員会に報告されたスケジュール表にも載っていない「エクストラを超える実験」ともいっていいほど、二重三重の意味で難易度が高い実験だったのである。

水たまりの底の五円玉

レーザー光の指向精度で比較するなら、光地上局との実験をたとえた「1km先の五円玉の穴」のほうが、アルテミスとの実験での「東京から狙う富士山頂の針穴」よりも容易そうに聞こえる。だが問題はその五円玉が〝水たまりに落ちている〟ということだ。

水たまりは風が吹けばさざ波も立つし、落ち葉が浮かんでいたり、水そのものが泥で濁ったりもする。同様に宇宙空間から地上の目標物を狙う場合、大気による屈折や散乱や減衰などの影響が避けられない。そういうハードルを乗り越えてそもそも通信ができるのかどうか、なにしろ世界的にも前例のない試みである。

そうした〝不透明〟さに加え、低軌道で地球を周回する衛星ならではの難しさがある。通信相手との相対位置が変化するのは、静止軌道のアルテミスを相手にする場合と同じだが、その変化のスピードが違う。アルテミスの場合と比べ地上局を相手にする場合には、光アンテナの角度を5～10倍の速度で動かしながらでないと通信が維持できないのである。

「エンジニアとしてはどこまで性能が出るのか興味はあるが、そもそも保証外」（豊嶋さん）というから、タコメーターを振り切らせるような使い方をすることになるわけだ。当然リスクも伴う。

リスクをかけたチャレンジングな実験

さらに最大の問題は、そもそも「きらり」が追尾速度が設計スペックを上回る地上の目標と、通信実験をするようには作られていないということだ。相手が速すぎるのである。

「（地上局との通信実験は）あくまでオプションだったんです。そこに最適化した設計も行っていません。光アンテナを地上に向けるためには、衛星を反転させる必要がありますが、するといくつかの姿勢センサーが使えなくなってしまいます。実験後にもし姿勢を元に戻せなかったら、そこで衛星は死んでしまうわけですから」（「きらり」プロジェクトチーム・城野隆さん）

チャレンジングな実験は、第1夜目にして衛星と地上局がお互いを捕捉するという成果を上げることができた。NICTの豊嶋さんは、冷蔵庫に隠しておいたスパークリングワインでスタッフと乾杯したそうである。銘柄は「シュバルツ・カッツェ（黒猫）」。「きらり」は漆黒の宇宙空間から、闇夜に光る猫の目のように、世界初の成功というシグナルを返してくれたのである。

送信用光学系
光学定盤のうえに設定された送信用光学系。大気ゆらぎの影響を軽減するため、送信ビームにも工夫を加え、口径1.5mの光学望遠鏡で衛星を高精度に捕捉追尾し、通信を維持する。

衛星「アルテミス」との通信実験（想像図）

「きらり」プロジェクトチーム・城野 隆さん

NICT地上局スタッフ、深夜の乾杯。

この実験成果がもたらす未来とは

通信のために使っている電波を光に置き換えれば、送受信アンテナを大幅に小型化できると同時に、100倍～1000倍の通信速度向上が見込める。サイズや重量の制約が厳しい衛星にとっては大きなメリットだが、さらに衛星の性能向上につながる次のような展開も見えてくる。

「現状では通信速度がネックとなって使えなかった高性能のセンサー、つまりより大量のデータを吐き出すセンサーを、衛星に搭載することができるようになるわけです」（豊嶋さん）

また拡散する電波と違って、細く絞ったレーザー光を通信に使うため、漏洩が最小限に抑えられる。傍受されにくい、秘匿性の高い通信網が設定できるのだ。

昨年末から今年にかけ、低軌道衛星～静止衛星間の通信実験、低軌道衛星～地上局と通信実験に成功したわけだが、実は打ち上げ前に「きらり」搭載の光送受信機「LUCE」は、スペイン領テネリフェ島の地上局とアルテミスとの通信実験に成功している。

今回の地上～低軌道衛星間通信の成功により、静止衛星・低軌道衛星・地上設備の3点が光通信網の輪でつながったわけである。

NICT／JAXAの共同実験では、5月中にさらに画像伝送などもメニューに加え、大気ゆらぎの影響など学術的にも価値の高いデータ取得をめざしていく。

いってみれば「エクストラサクセスを超える成功」を収めた「きらり」は、すでに「モトがとれた」衛星といっていいかもしれず、今後も、さらに過酷な実験メニューが用意される可能性もあるに違いない。

一時は打ち上げすら危ぶまれながら、10年の歳月をかけて軌道に運ばれた高性能の光通信実験装置。これをさらにしゃぶりつくし、有用なデータや実績を積み上げ、「次」につなげていってほしい。

（取材・文／喜多充成）

JAXA平成18年度の事業計画

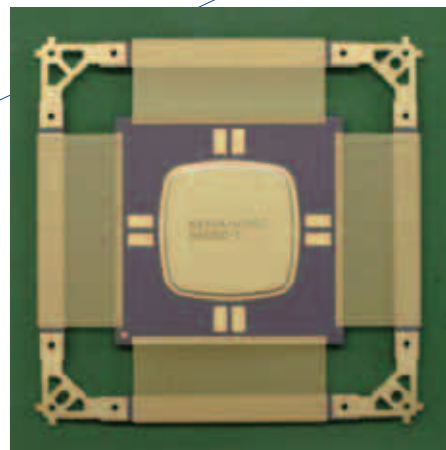
確実な業務の遂行と新たな事業の取り組みへ

JAXAの発足から早や4年目に入った平成18年度においては、新たに策定された国の「第3期科学技術基本計画」を踏まえ、信頼性の確立に一層努めて、予定されたロケット・人工衛星の打ち上げを確実に実施していきます。このような取り組みを通じて、宇宙航空に関する科学の発展と技術基盤の拡充に努め、独立行政法人として中期計画の確実な達成に向けて業務を推進することとします。

また、新たに実施すべき事業の検討や、アジア太平洋地域との連携強化など、将来に向けた取り組みにも着手していきます。

さらには、情報発信やコミュニケーションの充実を図ることによって、社会からの理解や信頼が得られるよう、努めていきます。

技術研究

- ●基盤技術の強化
  姿勢制御系・電源系の一層のロバスト化
  通信・データ処理系の高機能化
- ●宇宙用部品の国内供給体制の再構築、欧州との連携

宇宙輸送システム

- ●H-IIAロケットの打ち上げ（3機：受託を含む）
- ●M-Vロケットの打ち上げ（1機）
- ●H-IIAロケット標準型の技術の民間移管
- ●H-IIBロケット（H-IIAロケット能力向上形態）の開発
- ●液化天然ガス（LNG）推進系の開発

衛星利用促進

- ●大型展開アンテナを使って、携帯端末を用いた移動体通信の中継を行う技術試験衛星VIII型（ETS－VIII）の打ち上げ
- ●大型展開アンテナ小型・部分モデル2（LDREX-2）を用いた大型展開アンテナの展開デモンストレーション
- ●超高速インターネット衛星（WINDS）の開発
- ●温室効果ガス濃度を観測し、地球温暖化防止活動に貢献する温室効果ガス観測技術衛星（GOSAT）の開発
- ●全球降水計画（GPM）／二周波降水レーダ（DPR）のセンサの研究開発
- ●地球環境変動観測ミッション（GCOM）の研究開発
- ●国の方針を踏まえた準天頂衛星の研究開発
- ●防災・危機管理に向けた衛星利用の推進

国際宇宙ステーション計画

- ●「きぼう」日本実験棟、宇宙ステーション補給機（HTV）の推進、開発
- ●「きぼう」の打ち上げ・組み立てに備えた日本人宇宙飛行士の訓練等

宇宙科学研究

- ●太陽観測衛星（SOLAR-B）の打ち上げ
- ●月周回衛星計画（SELENE）の開発
- ●金星探査計画（PLANET-C）の開発
- ●国際水星探査計画（Bepi-Colombo）の推進
- ●第25号科学衛星計画の推進

航空プログラム

- ●小型国産旅客機の開発への貢献
- ●国の航空科学技術の推進方策を踏まえた研究

JAXA最前線

INFORMATION 1

「未来のロケット」イラストコンテスト応募作品を納めた

タイムカプセル埋納

ペンシルロケット50周年記念行事『ペンシルロケットフェスティバル』（2005年8月19日開催）の一環として実施した「未来のロケット」イラストコンテストの応募作品（全国の小中学生から1271点の応募）を納めたタイムカプセル（漫画家松本零士氏デザイン）を、4月1日、埋納しました。場所は、50年前ペンシルロケットの水平発射実験を行った縁の地である国分寺市の実験跡地（現早稲田実業学校正門前）で、そこに記念碑が建てられ、その下部になります。

このタイムカプセルは、50年後に開かれることになっています。

タイムカプセル埋納の模様

3次元フォトニック結晶生成実験の実験装置

高品質タンパク質結晶生成実験の実験装置

INFORMATION 2

JAXAの実験装置2つが帰還

ロシア連邦宇宙局（FSA）によれば、昨年10月から国際宇宙ステーション（ISS）に長期滞在していた第12次搭乗員2名（ウィリアム・マッカーサー（アメリカ）、バレリー・トカレフ（ロシア））及びブラジル人のマルコス・ポンテス宇宙飛行士が、日本時間の4月9日8時48分（カザフスタン時間4月9日5時48分）無事カザフスタン共和国に着陸し、JAXAの3次元フォトニック結晶生成実験の実験装置及び高品質タンパク質結晶生成実験の実験装置が、クルーと共に帰還しました。

両実験装置は、2005年12月22日にプログレス補給船にて打ち上げられました。3次元フォトニック結晶生成宇宙実験のフォトニック結晶実験装置は光の伝播特性を制御できる3次元フォトニック結晶生成技術を開発するためで、今回は、2回シリーズの初回フライトにあたります。高品質タンパク質結晶生成宇宙実験は、6回シリーズの最終フライトとなります。

INFORMATION 3

平成18年「宇宙の日」記念行事

全国小・中学生作文絵画コンテストの募集について

作文絵画コンテストのポスター

9月12日の「宇宙の日」の記念行事として、全国小・中学生作文絵画コンテストの作品募集を行っています。

募集内容は、テーマ：「ようこそ私の星へ」、募集締め切り：2006年7月14日（金）（当日提出先の科学館に必着）、応募資格：全国の小中学校に在籍している児童・生徒　となっています。

応募の詳細については、次のホームページをご覧下さい。

http://www.jsforum.or.jp/event/spaceday

このコンテストの優秀作品の表彰式は、10月8日に開催の予定です。

INFORMATION 4

アジア太平洋地域宇宙機関会議（APRSAF）

宇宙教育フォーラムの開催

昨年10月に開催された第12回アジア太平洋地域宇宙機関会議（APRSAF）での宇宙教育普及に関する勧告を受け、JAXA及び国連教育科学文化機関（UNESCO）が主催により、宇宙教育フォーラムを、3月4日、ベトナム社会主義共和国ハノイ市内ベトナム科学技術院（VAST）において、開催しました。

参加国等は、アジア・太平洋地域の6か国を含む8か国及びUNESCOから100名強で、ハノイの小中高校生・大学生及び教員などが参加しました。日本からは、湯元教授（九州大学）、小山教授（JAXA宇宙科学研究本部：当時）、知久主任（JAXA宇宙教育センター）が参加しました。

開会式では、JAXA小山教授による「人類の知の創造に向けて」と題したプレゼンテーション、宇宙教育センター知久主任による水ロケットの理論紹介と実演が行われました。

宇宙教育フォーラムでは、VASTの宇宙教育活動推進に対する積極的な姿勢がうかがわれ、今後、JAXAとVASTが協力して宇宙教育活動をアジア地域で進める貴重なきっかけを作ることができました。

フォーラム開催前日には、APRSAFベトナム宇宙科学教育ワークショップが開催され、アジア・太平洋地域において宇宙科学分野で国際協力を進めている研究者36名と、宇宙科学研究を通じての教育の向上への貢献について自由討論が行われました。

INFORMATION 5

小型衛星の打ち上げ機会提供に係わる

搭載候補衛星の募集

JAXAは、民間企業・大学等が製作する小型衛星に対し打ち上げ機会を提供することにより、民間企業・大学等が蓄積する軌道上実証に係わる経験や技術をJAXAも共有し、今後の小型衛星を利用した我が国の宇宙開発利用の拡大、及び大学等の教育への貢献などの人材育成に資することを目的として、積極的に民間企業・大学等への打ち上げ機会提供を推進することになりました。

今回の募集は、打ち上げ機会を特定せず、広く小型衛星の搭載候補を事前に募り、JAXAが作成する「小型衛星搭載候補リスト」に登録するものです。

このリストに登録された小型衛星から、H-IIAロケットによる小型衛星の打ち上げ機会にあわせて、搭載衛星を選定します。

募集の対象は、平成20年度以降に打ち上げを希望する主に1～10kg級もしくは50kg級の小型衛星で、以下のいずれかを主たる目的とするものです。

①我が国の宇宙開発利用の拡大につながる研究開発に資するもの

②大学等の教育への貢献など、宇宙分野の人材育成に資するもの

※なお、専ら応募者もしくは応募者の事業活動の広告宣伝、または、直接の営利活動を目的とした小型衛星については募集の対象としません。

その他、詳細は、JAXAのホームページ（http://www.jaxa.jp）をご覧下さい。

筑波宇宙センターで開かれた水ロケット大会

INFORMATION 6

各地のJAXA施設公開に多くの来場者

科学技術週間にあわせたJAXA事業所施設の一般公開が、4月15日の角田宇宙センターを皮切りに、22日に筑波宇宙センターと種子島宇宙センター、23日には航空宇宙技術研究センター、そして翌週の29日には沖縄と勝浦の宇宙通信所で行われました。中でも筑波宇宙センターや航空宇宙技術研究センターでは、5000人を超える方々にご来場を頂き、盛況のうちに幕を閉じました。当日は、各地で工作教室や無重力体験、水ロケット大会、施設設備の体験コーナーなどが催され、訪れた家族連れなどが現場職員の説明を熱心に聞き入っていました。

INFORMATION 7

地球環境や月探査の各シンポジウムの開催

JAXAでは、各種のシンポジウムを次々に開催することとしています。ふるって参加下さい。いずれも参加費は無料ですが、参加申し込み（事前登録）を受け付けています。

詳細は、JAXAのホームページ（http://www.jaxa.jp）をご覧下さい。

●地球環境変動観測ミッション（GCOM）シンポジウム

日時　6月15日（木）午前10時～午後5時
場所　ダイヤモンドプラザ　品川三菱ビル4階
内容　GCOM計画の背景、位置づけ、ミッション、並びに、気候変動研究の現状や地球観測衛星データの気象予報、漁業での利用などの実利用例について講演などを行います。

●陸域観測技術衛星（ALOS）データ利用シンポジウム

日時　6月22日（木）午前10時～午後5時20分
場所　銀座フェニックスプラザ
内容　陸域観測技術衛星「だいち」（ALOS）の運用状況の報告とこれまでに取得されたデータを紹介するとともに、産学官の利用・研究者によるデータの活用の可能性を紹介します。また、一般ユーザーのための画像利用方法の紹介や、今後の利用拡大の可能性についても提言等します。

●月周回衛星（SELENE）シンポジウム

日時　7月31日（月）午前10時～午後5時
場所　経団連会館
内容　月周回衛星（SELENE）の紹介、我が国や世界の月探査計画、月探査へのパネルディスカッションなどを行います。

発行企画●JAXA（宇宙航空研究開発機構）
編集制作●財団法人日本宇宙フォーラム
デザイン●Better Days
印刷製本●株式会社ビー・シー・シー
平成18年6月1日発行

事業所等一覧

本社
航空宇宙技術研究センター
〒182-8522
東京都調布市深大寺東町7-44-1
TEL：0422-40-3000
FAX：0422-40-3281

航空宇宙技術研究センター
飛行場分室
〒181-0015
東京都三鷹市大沢6-13-1
TEL：0422-40-3000
FAX：0422-40-3281

東京事務所
〒100-8260
東京都千代田区丸の内1-6-5
丸の内北口ビルディング（受付2階）
TEL：03-6266-6000
FAX：03-6266-6910

相模原キャンパス
〒229-8510
神奈川県相模原市由野台3-1-1
TEL：042-751-3911
FAX：042-759-8440

筑波宇宙センター
〒305-8505
茨城県つくば市千現2-1-1
TEL：029-868-5000
FAX：029-868-5988

角田宇宙センター
〒981-1525
宮城県角田市君萱字小金沢1
TEL：0224-68-3111
FAX：0224-68-2860

種子島宇宙センター
〒891-3793
鹿児島県熊毛郡南種子町
大字茎永字麻津
TEL：0997-26-2111
FAX：0997-26-9100

内之浦宇宙空間観測所
〒893-1402
鹿児島県肝属郡肝付町
南方1791-13
TEL：0994-31-6978
FAX：0994-67-3811

地球観測センター
〒350-0393
埼玉県比企郡鳩山町大字大橋
字沼ノ上1401
TEL：049-298-1200
FAX：049-296-0217

地球観測研究センター 晴海分室
〒104-6023
東京都中央区晴海1-8-10
晴海アイランド トリトンスクエア
オフィスタワーX棟23階

能代多目的実験場
〒016-0179
秋田県能代市浅内字下西山1
TEL：0185-52-7123
FAX：0185-54-3189

三陸大気球観測所
〒022-0102
岩手県大船渡市三陸町吉浜
TEL：0192-45-2311
FAX：0192-43-7001

名古屋駐在員事務所
〒460-0022
愛知県名古屋市中区金山1-12-14
金山総合ビル10階
TEL：052-332-3251
FAX：052-339-1280

勝浦宇宙通信所
〒299-5213
千葉県勝浦市芳賀花立山1-14
TEL：0470-73-0654
FAX：0470-70-7001

増田宇宙通信所
〒891-3603
鹿児島県熊毛郡中種子町
増田1887-1
TEL：0997-27-1990
FAX：0997-24-2000

臼田宇宙空間観測所
〒384-0306
長野県佐久市上小田切
字大曲1831-6
TEL：0267-81-1230
FAX：0267-81-1234

沖縄宇宙通信所
〒904-0402
沖縄県国頭郡恩納村字安富祖
金良原1712
TEL：098-967-8211
FAX：098-983-3001

衛星利用推進センター
大手町分室
〒100-0004
東京都千代田区大手町2-2-1
新大手町ビル7階
TEL：03-3516-9100
FAX：03-3516-9160

小笠原追跡所
〒100-2101
東京都小笠原村父島桑ノ木山
TEL：04998-2-2522
FAX：04998-2-2360

［海外駐在員事務所］

ワシントン駐在員事務所
JAXA Washington D.C. Office
2020 K Street, N.W.suite 325,
Washington D.C .20006,U.S.A
TEL:202-333-6844
FAX:202-333-6845

ヒューストン駐在員事務所
JAXA Houston Office
100 Cyberonics Blvd.,
Suite 201 Houston, TX 77058 U.S.A
TEL:281-280-0222
FAX:281-486-1024

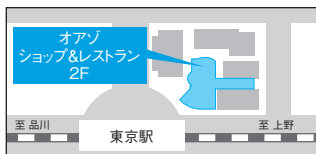
ケネディ宇宙センター駐在員事務所
JAXA KSC Office
O&C Bldg., Room 1014, Code: JAXA-KSC,
John F. Kennedy Space Center FL 32899, U.S.A
TEL:321-867-3879
FAX:321-452-9662

パリ駐在員事務所
JAXA Paris Office
3 Avenue Hoche, 75008-Paris, France
TEL:1-4622-4983
FAX:1-4622-4932

バンコク駐在員事務所
JAXA Bangkok Office
B.B Bldg., 13 Flr.Room No.1502, 54,
Asoke Road., Sukhumvit 21
Bangkok 10110, Thailand
TEL:2-260-7026
FAX:2-260-7027

アンケートのご協力、ありがとうございました

006・007号で実施した読者アンケートに、
たくさんのご回答をお寄せいただきスタッフ一同
感謝しております！いただいた内容は、
今後のJAXA'sの製作に役立ててまいります。
なお、お約束のプレゼントの当選発表は、
発送をもって替えさせていただきます。
あなたは当選しましたか？
（写真は、編集委員による抽選の模様）

『JAXA i』は、
あなたと宇宙を結ぶ
窓口です。

東京駅丸の内北口より徒歩1分　10:00〜20:00・年中無休（元旦を除く）

R100
PRINTED WITH SOYINK

宇宙航空研究開発機構
Japan Aerospace Exploration Agency

広報部 〒100-8260 東京都千代田区丸の内1-6-5
丸の内北口ビルディング2F
TEL:03-6266-6400 FAX:03-6266-6910

JAXAホームページ http://www.jaxa.jp
宇宙情報センターホームページ http://spaceinfo.jaxa.jp
最新情報メールサービス http://www.jaxa.jp/pr/mail/